

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

p. 2

(11)Publication number : 2000-057538

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl. 611B 5/39  
611B 5/31

(21)Application number : 10-221644

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 05.08.1998

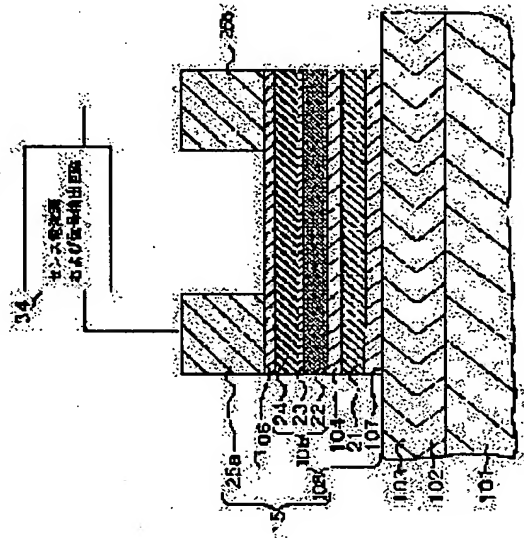
(72)Inventor : KAWATO YOSHIKI  
FUKUI HIROSHI  
MEGURO KENICHI  
HAMAKAWA YOSHIHIRO

## (54) MAGNETIC HEAD USING MAGNETIC RELUCTANCE SENSOR AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic head using a magnetic reluctance sensor which is hardly affected by heat and makes it possible obtain a pinning magnetic field of sufficient magnitude.

**SOLUTION:** This magnetic head has magneto-resistance effect films having a free layer 21, a fixed layer 105 and an intermediate layer 104 and a pair of electrodes 25a, 25b for passing current to these magneto-resistance effect films. The free layer 21 consists of a ferromagnetic material and the intermediate layer 104 consists of a nonmagnetic material. The fixed layer 105 has first and second ferromagnetic films 22, 24 and a nonmagnetic film 23 arranged therebetween. The second ferromagnetic film 24 existing on the side far from the free layer 21 of the first and second ferromagnetic films 22, 24 consists of a permanent magnet material. The magnetization of the first ferromagnetic film 23 is antiferromagnetically bonded to the magnetization of the second ferromagnetic films 24.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-57538  
(P 2 0 0 0 - 5 7 5 3 8 A)  
(43) 公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G11B 5/39		G11B 5/39	5D033
5/31		5/31	D 5D034

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願平10-221644  
(22) 出願日 平成10年8月5日(1998.8.5)

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72) 発明者 川戸 良昭  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 福井 宏  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 100087170  
弁理士 富田 和子

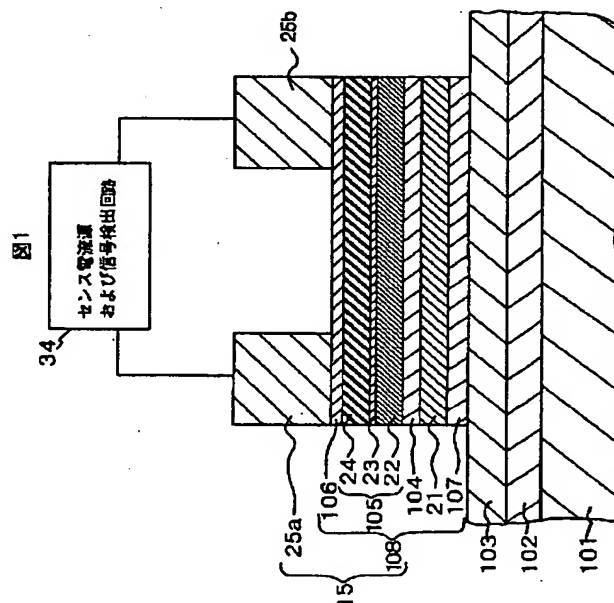
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドおよび磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 熱の影響を受けにくく、しかも十分な大きさのピン止め磁界が得られる固定層を備えた磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 本願の磁気ヘッドは、自由層21、固定層105、中間層104を備える磁気抵抗効果膜と、磁気抵抗効果膜に電流を流すための一対の電極25a、25bとを有する。自由層21は、強磁性体からなり、中間層104は、非磁性体からなる。固定層105は、第1および第2の強磁性膜22、24と、これらの間の配置された非磁性膜23とを有する。第1および第2の強磁性膜22、24のうち、自由層21から遠い側に位置する第2の強磁性膜24は、永久磁石材料からなる。第1の強磁性膜23の磁化は、第2の強磁性体膜24の磁化と反強磁性的に結合している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】自由層と、固定層と、前記自由層と固定層との間に配置された中間層とを備える磁気抵抗効果膜、および、当該磁気抵抗効果膜に電流を流すための一対の電極を有し、

前記自由層は、強磁性体からなり、前記中間層は、非磁性体からなり、

前記固定層は、第 1 および第 2 の強磁性膜と、これらの間に配置された非磁性膜とを有し、

前記第 1 および第 2 の強磁性膜のうち、前記自由層から遠い側に位置する第 2 の強磁性膜は、永久磁石材料からなり、前記第 1 の強磁性膜の磁化は、前記第 2 の強磁性膜の磁化と反強磁性的に結合していることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 2】磁化の固定された固定層を備えた磁気抵抗効果膜を有し、

前記固定層は、第 1 および第 2 の強磁性膜と、これらの間に配置された非磁性膜とを有し、

前記第 1 および第 2 の強磁性膜のうちの第 2 の強磁性膜は、永久磁石材料からなり、前記第 1 の強磁性膜の磁化は、前記第 2 の強磁性膜の磁化と反強磁性的に結合していることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 3】自由層と、前記自由層の上面側および下面側にそれぞれ配置された第 1 および第 2 の固定層と、前記第 1 および第 2 の固定層と自由層との間にそれぞれ配置された第 1 および第 2 の中間層とを備える磁気抵抗効果膜と、当該磁気抵抗効果膜に電流を流すための一対の電極とを有し、

前記自由層は、強磁性体からなり、前記第 1 および第 2 の中間層は、非磁性体からなり、

前記第 1 および第 2 の固定層は、それぞれ、第 1 および第 2 の強磁性膜と、これらの間に配置された非磁性膜とを有し、

前記第 1 および第 2 の強磁性膜のうち、前記自由層から遠い側に位置する第 2 の強磁性膜は、永久磁石材料からなり、前記第 1 の強磁性膜の磁化は、前記第 2 の強磁性膜の磁化と反強磁性的に結合していることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 4】請求項 1、2 または 3 に記載の磁気ヘッドにおいて、前記永久磁石材料は、CoM（ただし、M は Pt, Cr, Ta のうちのいずれか、もしくは、M は Pt, Cr, Ta のうちの 2 以上の元素の合金）で表される合金を主成分とすることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 5】請求項 1 および 3 に記載の磁気ヘッドにおいて、前記第 1 および第 2 の強磁性膜の磁化の方向は、前記自由層に外部磁界がかかっていない状態で、前記自由層の磁化の方向と直交していることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 6】請求項 1 に記載の磁気ヘッドにおいて、前記自由層のうち前記電極からの電流が流れる検出領域を

単一磁区にするために、前記自由層に磁氣的交換結合磁界を与える反強磁性膜を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 7】請求項 6 に記載の磁気ヘッドにおいて、前記反強磁性膜は、前記自由層の前記検出領域よりも外側の両端部分のみで前記自由層と接するように配置されていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 8】請求項 3 に記載の磁気ヘッドにおいて、前記自由層のうち前記電極からの電流が流れる検出領域を単一磁区にするために、前記自由層にバイアス磁界を加える強磁性膜を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 9】磁気ディスクを回転させるための回転駆動手段と、前記磁気ディスクに情報を記録および再生するための磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、

前記磁気ヘッドは、自由層、固定層、ならびに、前記自由層と固定層との間に配置された中間層を有する磁気抵抗効果膜と、当該磁気抵抗効果膜に電流を流すための一対の電極とを有し、

前記自由層は、強磁性体からなり、前記中間層は、非磁性体からなり、

前記固定層は、第 1 および第 2 の強磁性膜と、これらの間に配置された非磁性膜とを有し、

前記第 1 および第 2 の強磁性膜のうち、前記自由層から遠い側に位置する第 2 の強磁性膜は、永久磁石材料からなり、前記第 1 の強磁性膜の磁化は、前記第 2 の強磁性膜の磁化と反強磁性的に結合していることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項 10】磁気ディスクを回転させるための回転駆動手段と、前記磁気ディスクに情報を記録および再生するための磁気ヘッドとを有する磁気記録再生装置において、

前記磁気ヘッドは、磁化の固定された固定層を備えた磁気抵抗効果膜を有し、

前記固定層は、第 1 および第 2 の強磁性膜と、これらの間に配置された非磁性膜とを有し、

前記第 1 および第 2 の強磁性膜のうち、第 2 の強磁性膜は、永久磁石材料からなり、前記第 1 の強磁性膜の磁化は、前記第 2 の強磁性膜の磁化と反強磁性的に結合していることを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

【0002】

【従来の技術】磁気記録再生装置、特に磁気ディスク装置において年々高まる大容量化と装置サイズの小型化への要求を両立するため、記録密度の向上は欠かせない。これを実現するには、様々な課題がある。なかでも媒体に磁氣的に記録された信号を読みとってこれを電気信号に変換する再生ヘッドは、磁気ディスク装置中のキー・

デバイスの一つである。再生ヘッドでは、増大する記録密度に応じて小型化しつつ、なおかつ高感度化することが必須である。

【0003】近年は、この2つの要求に応える再生ヘッドとして、磁気抵抗効果センサを利用したMRヘッドが用いられている。MRヘッドは、従来のいわゆるインダクティブヘッドに比べて高い信号／ノイズ比（S／N比）が得られるのが特徴である。現在MRヘッドに利用されている磁気抵抗効果は、異方性磁気抵抗効果（AMR効果）と呼ばれる。これは、磁性体に電流を流したとき、抵抗が磁化方向と電流方向の相対角度に依存するという現象である。このAMR効果では、約2～5％程度の抵抗変化率が得られることが知られている。しかし、AMR効果を利用したMRヘッドで実現可能な記録密度は、高々数ギガビット／平方インチであり、これ以上の記録密度に対応するには、さらに高感度な磁気抵抗効果を利用することが必要であるとされている。その候補として、いわゆる巨大磁気抵抗効果（GMR効果）が注目されている。

【0004】GMR効果は、磁性金属膜と非磁性金属膜とを交互に積層した多層膜において、各磁性膜の磁化同士のなす角度に依存して電気抵抗が変化するもので、室温でも5％を越える大きな抵抗変化率が得られる。なかでも、磁気ヘッドの応用上最も有望とされているのは、スピバルブ膜とよばれ、実質的に四層からなる構成を持つ。スピバルブ膜は、一層の非磁性層によって隔てられた二層の強磁性層を有する。このうちの一方の強磁性層には、反強磁性層が積層されている。通常、反強磁性層と積層されている強磁性層を固定層と呼び、他方の強磁性層は自由層と呼ぶ。固定層の磁化は、その方向が、自由層の磁化方向に対し90度の角度を成すように、反強磁性層との交換相互作用によって固定されている。なお、磁気ヘッドへの適用を考えた場合、自由層の磁化は、トラック幅方向に、固定層の磁化は素子高さ方向に向いていることが望ましい。このようなスピバルブ膜を用いたヘッドの基本構成の詳細に関しては、例えば特開平03-337905号公報に開示されている。

【0005】MRヘッドを磁気ディスク装置に用いると、従来のインダクティブヘッドには生じなかった要因で、装置のエラーが発生することが知られている。その中で最も問題となるものの一つは、再生波形の上下非対称性と呼ばれるもので、媒体上の記録磁化からくる磁界に対応する出力パルスの大きさが、磁界の極性により異なるという現象である。

【0006】スピバルブ型のMRヘッドの場合、固定層の磁化が素子高さ方向（記録媒体の法線方向）に強く固定され、自由層の磁化が素子長手方向（トラック幅方向）を中心に理想的に自由に回転できれば、上述のような上下非対称は生じない。このような理想的な磁化配置

を実現するため、固定層磁化は上述したように反強磁性体と強磁性体との交換相互作用に基づく一方向異方性によって素子高さ方向に強くピン止め（固定）されている。しかしながら、固定層のピン止めが弱く、外部磁界に対して固定層磁化が不安定な場合には、記録媒体の磁化による磁束の一部が固定層にも流入し、固定層の磁化を回転させるのに用いられる。このため、自由層に流れ込む磁束が減少して自由層の磁化の回転のダイナミックレンジが制限されてしまう。この場合、固定層への磁束の流入量は、磁束の向きにより異なるため、その影響を受ける自由層の回転量も媒体磁界の方向によって変わり、その結果再生信号の上下非対称性が增大することになる。

【0007】また、自由層は、もともと強磁性体もっている一軸異方性によってほぼ長手方向を向けられているが、固定層の磁化によって生じる静磁界により、自由層の磁化分布が一樣ではなくなり、再生信号の線形性が損なわれる恐れがあるという問題もある。

【0008】このような自由層の磁化分布を改善するために、特開平07-169026号公報には、固定層を、強磁性膜／非磁性金属膜／強磁性膜という積層型の構成にすることが提案されている。固定層では、2枚の強磁性膜を非磁性金属膜を介して反強磁性結合していることで2枚の強磁性膜の磁化を互いの磁気モーメントを打ち消し合うよう、反平行に整列している。固定層のうちの1枚の強磁性膜の磁化は、固定層に隣接して配置する反強磁性膜との交換結合により固定する。このような構成の固定層は、強磁性膜の磁気モーメントが打ち消されているため、自由層への静磁界の影響が実質的になくなるという効果が得られる。

【0009】また、特開平8-7235号公報には、特開平07-169026号公報同様の強磁性膜／非磁性金属膜／強磁性膜という積層型の固定層であるが、反強磁性層を用いない構成が開示されている。この構成では、2枚の強磁性膜の磁化方向を、強磁性膜の一軸磁気異方性のみで固定する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述の特開平7-169026号公報記載の構成は、固定層の1枚の強磁性膜の磁化方向の固定に、反強磁性膜との交換結合を用いるが、この交換結合は温度の影響を強く受けるという問題がある。例えば、強磁性膜の材料として、本公報に開示されているFe-Mnを用いた場合を考えると、交換結合磁界は、高々130℃で消失してしまう。そのため、ヘッドの製造工程中の加熱により固定層がピン止めされなくなるおそれがある。

【0011】また、特開平8-7235号公報記載の構成は、強磁性膜の一軸磁気異方性のみで固定層をピン止めするため、ピン止め磁界は、数十0e程度しか期待できない。そのため、媒体磁界が空気接触面（空気浮上面）

10

20

30

40

50

ABS)で数百0eに達するような記録媒体に用いた場合や、記録ヘッドからの漏洩磁界を受けた場合、固定層の磁化が不安定となり再生信号の劣化を招いてしまうおそれがある。

【0012】本発明は、熱の影響を受けにくく、しかも十分な大きさのピン止め磁界が得られる固定層を備えた磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、以下のような磁気ヘッドが提供される。

【0014】すなわち、自由層と、固定層と、前記自由層と固定層との間に配置された中間層とを備えた磁気抵抗効果膜、および、当該磁気抵抗効果膜に電流を流すための一対の電極とを有し、前記自由層は、強磁性体からなり、前記中間層は、非磁性体からなり、前記固定層は、第1および第2の強磁性膜と、これらの間に配置された非磁性膜とを有し、前記第1および第2の強磁性膜のうち、前記自由層から遠い側に位置する第2の強磁性膜は、永久磁石材料からなり、前記第1の強磁性膜の磁化は、前記第2の強磁性膜の磁化と反強磁性的に結合していることを特徴とする磁気ヘッドである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。

【0016】まず、第一の実施の形態の磁気ヘッドの構成を図1および図13を用いて説明する。

【0017】セラミクス等の非磁性材料からなる基板101の上には、基板101側からの磁束の進入をシールドするためのシールド膜102、絶縁膜からなるギャップ膜103が順に積層されている(図13)。このギャップ膜103の上に、磁気抵抗センサ15が配置される。磁気抵抗センサ15は、ギャップ膜103の上に配置されたスピバルブ膜108と、その上に配置された一対の電極25a、25bとにより構成される。スピバルブ膜108は、図1のように下地層107、自由層21、非磁性の中間層104、固定層105およびギャップ層106を積層したものである。このような磁気抵抗センサ15の上には、図4のように、さらにギャップ膜401とシールド膜402とが積層され、その上に記録用のインダクティブヘッド403が搭載される。

【0018】本実施の形態では、固定層105は、強磁性膜22、非磁性膜23、強磁性膜24の3層構造とする。ここで、自由層21側に配置される強磁性膜22は、Coであるが、外側に配置される強磁性膜24は、硬質強磁性体(永久磁石材料)であるCoCrPtにより形成する。硬質強磁性体からなる強磁性膜24は、磁化3の方向が、製造時に着磁した方向に安定に固定される特性があるため、製造工程で温度上昇を経ることがあ

っても、また使用環境が高温になっても、その磁化3の方向は変化しない。このとき、非磁性膜23の材質(ここではRuを用いる)および膜厚を適切に選択することにより、強磁性膜22と強磁性膜24とを反強磁性的に結合させる。これにより、強磁性膜22の磁化2は、強磁性膜24の磁化3と反平行に配列する。よって、強磁性膜24の磁化3を図2の方向に着磁することにより、強磁性膜22の磁化2の方向を図2の向きに固定することができる。この反強磁性的結合の結合磁界は、この材料の組み合わせの場合約5k0eと大きいため、強磁性膜22の磁化2を強くピン止めすることができる。

【0019】一方、自由層21の磁化1は、一軸異方性によって、図2のように強磁性膜22の磁化2と垂直な方向に向けておく。これにより、中間層104を挟んで自由層21と強磁性膜22との磁化方向が直交し、スピバルブ膜の構成となる。

【0020】一対の電極25a、25bは、図2のようにスピバルブ膜108に電流4を流す。電極は、電流4の電流源と、電流4の変化を検出することによりスピバルブ膜108の抵抗変化( $\Delta R$ )を検出するセンス電流源及び信号検出回路34に接続される。

【0021】ここで、固定層105のピン止めが強固であることを示すために、スピバルブ膜108に強磁性膜24の磁化方向と反平行な方向の外部磁界を印加し、センス電流源及び信号検出回路34から電流4を流し、抵抗変化( $\Delta R$ )を測定した。また、比較例として、特開平3-337905号公報の構成のように、外側の強磁性膜24を硬質磁性体で構成せずにCoにより構成し、強磁性膜24の外側に反強磁性膜を隣接させて、交換結合により強磁性膜24の磁化を固定する構成にしたものについても同様に抵抗変化( $\Delta R$ )を測定した。その結果を図3に示す。図3のように、本実施の形態の構成の場合には、外部磁界が-1.0~1.0k0eの範囲で $\Delta R$ を安定に測定することができたが、比較例の構成の場合には、外部磁界が0.3k0e程度で、強磁性膜22の磁化2が反転してしまい、誤動作することがわかった。これにより、本実施の形態の固定層105のピン止め効果が強固であることが確認できた。

【0022】また、本実施の形態の構成の場合、電極25aから電極25bに流れる電流4によって、自由層21内には上向きの電流磁界5が印加される(図2)。一方、自由層21と強磁性膜22との間に働く層間結合は、両者の磁化を平行にするように働くため、自由層21は、下向きの磁界6を感じるようになる。この上向きの電流磁界5と下向きの磁界6とが、互いにバランスするように電流4の大きさや、中間層104の膜厚を調節することにより、両者を互いに打ち消し合わせることができる。これにより、自由層21の磁化1の方向を、記録媒体201からの磁界がない状態で、図2の方向にほぼ一様に向けることができる。その結果、自由層21の

磁化1が、固定層105の強磁性膜22の磁化2と90度の角度をなす理想的な磁化配置にすることができる。

【0023】なお、本実施の形態では、シールド膜102は、NiFeにより、ギャップ膜103は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>により構成した。下地層107は、Taにより、自由層21はNiFeにより、中間層104は、Cuにより構成した。また、上部のキャップ層106は、Taにより形成した。上部に積層するギャップ膜401、シールド膜402もそれぞれギャップ膜103、シールド膜102と同じ材料により形成した。

【0024】ここで、図1の構成の製造手順について簡単に説明する。まず、基板101上に、シールド膜102からキャップ層106までを順に成膜する。このとき、自由層21の成膜は、磁化1の方向に外部磁界を印加しながら磁界中で成膜する。また、固定層22の強磁性膜22の成膜時にも、磁化2の方向に外部磁界を印加する。その後、図13のようにスピンバルブ膜108をパターニングし、電極膜を形成し、電極25a、25bの形状にパターニングする。さらに、これらの上に、ギャップ膜401、シールド膜402をかぶせ、記録用のインダクティブヘッド403を形成する。強磁性膜24への着磁は、成膜後もしくは磁気ヘッドの完成後に行う。着磁は、常温で磁化3の方向に磁界を印加することによって行う。これにより、強磁性膜24の磁化3が図2の方向に固定される。この着磁によって、強磁性膜22の磁化2が、磁化3とは反平行な方向にピン止めされる。

【0025】このような製造工程において、着磁後の強磁性膜24の磁化方向は、熱的に安定であるため、この膜24と反強磁性的に結合している強磁性膜22の磁化2の方向の固定も熱的に安定である。したがって、強磁性膜24の着磁後に高温になる製造工程があっても、強磁性膜22の磁化2の方向が変化することがない。また、強磁性膜24の着磁は常温で可能であるので、着磁工程を成膜工程の後や、磁気ヘッドの完成後等に行うことができる。このため、製造工程上の制約が減少し、容易に製造可能な磁気ヘッドを提供できる。

【0026】このようにして製造した本実施の形態の磁気抵抗センサ15とインダクティブヘッドとを搭載した図4の磁気ヘッドにより、磁気ディスクの記録媒体201上の記録・再生動作を行ったところ、再生出力信号に上下非対称性は見られず、正常に再生を行うことができた。また、使用環境が高温になっても、強磁性膜24の磁化3の方向が変化しないため、強磁性膜22の磁化2も図2の方向に強くピン止めされており、正常に再生を行うことができる。したがって、温度の上昇に強い磁気ヘッドを提供できる。

【0027】ここで、図4の磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置について図5を用いて説明する。

【0028】図4の磁気ヘッド16は、片持ちバネ50

2を介して位置決め機構32に支持される。磁気ディスク形状の記録媒体201は、スピンドルモータ31により回転駆動される。制御システム33は、データ再生/復号系134と機構制御系501とを有する。データ再生/復号系134には、データ再生センス電流源及び信号検出回路34が含まれている。磁気ヘッド16の磁気抵抗センサ15の電極25a、25bは、この電流源及び信号検出回路34に接続される。なお、図5において符号/記録系は省略してある。

10 【0029】磁気ヘッド16は、制御系33および位置決め機構32を通して閉ループ制御されることで、スピンドルモータ31により高速回転している記録媒体201の所定の位置にシークする。電流源及び信号検出回路34は、磁気ヘッド16に電流4を流し、抵抗変化( $\Delta R$ )を検出する。データ再生/復号系134は、この抵抗変化( $\Delta R$ )から情報を再生する。本実施の形態の磁気ヘッド16は、上述のように再生信号が対称であり、歪みの少ない再生信号が得られるため、本磁気記録再生装置は、高い記録密度と高速のデータ転送を実現できる。また、本実施の形態の磁気ヘッド16は、上述したように高温になっても固定層105のピン止め効果が持続するため、温度変化に強い磁気記録再生装置を提供できる。

20 【0030】なお、図5の装置において、磁気ヘッド16の磁気抵抗センサ15に流す電流4の駆動を定電圧駆動とすると、磁気ヘッド16間で磁気抵抗センサ15の素子高さ131(図13)にばらつきがある場合にも、再生信号の上下非対称性のばらつきを低く押さえることができ、図2における電流磁界5と層間結合磁界6とのバランスをそれぞれの磁気ヘッド16においてとることができる。このようにすると、磁気ヘッド16の製造時において素子高さ131に対する許容範囲が広がるため、磁気ヘッドの製造歩留まりを向上させることができる。

30 【0031】つぎに、本発明の第2の実施の形態の磁気ヘッドについて図6を用いて説明する。

40 【0032】図6の磁気ヘッドの磁気抵抗センサ15は、図1の磁気ヘッドの磁気抵抗センサ15と似た構成であるが、固定層105と自由層21とを入れ替えた構成である。すなわち、ギャップ膜103の上に下地層107を配置し、その上に固定層105、中間層104、自由層21を順に積層している。固定層105は、下地層107側に硬質磁性体材料からなる強磁性膜24を配置し、その上に非磁性膜24、強磁性膜22を積層した構成である。強磁性膜24は、永久磁石材料であるCoPtからなる。非磁性膜23は、Ruからなり、強磁性膜22は、Coからなる。また、下地層107は、強磁性膜24の保持力を大きくする作用をするCrにより形成した。

50 【0033】また、図6の構成では、電極25a、25



bと自由層21との間に、導電性反強磁性材料(ここではNiMn)からなる磁区制御膜41を配置している。磁区制御膜41は、電極25a、25bの部分のみに配置されている。自由層21は、磁区制御膜41との間の交換結合磁界が両端部分に加わることにより、電極25a、25bの間の検出領域601を単一磁区に保つことができる。これにより、より再生感度の大きな磁気ヘッドを提供することができる。他の構成については、第1の実施の形態の構成と同様であるので説明を省略する。

【0034】つぎに、本発明の第3の実施の形態について図7を用いて説明する。

【0035】図7の構成は、図6の構成と似ているが、よりトラック幅が狭い記録媒体に適応可能にするために、一対の磁区制御膜41の間隔を、一対の電極25a、25bの間隔よりも広くしたものである。というのは、磁気抵抗センサ15のトラック幅は、センス電流4が流れる検出領域601の幅(一対の電極25a、25bの間隔)で規定される。このとき、磁区制御膜41から自由層21への交換結合磁界は、検出領域601の自由層21まで及ぶ恐れがある。この場合、自由層21の磁化の回転が妨げられ、実質的な再生感度が低下してしまう。そこで、図7の構成では、一対の磁区制御膜41の間隔を一対の電極25a、25bの間隔よりも広くし、検出領域601に交換結合磁界が及ばないようにした。実際に、図7の構成において、一対の磁区制御膜41の間隔を一対の電極25a、25bの間隔よりも1 $\mu$ m(片側0.5 $\mu$ mずつ)広くしたところ、再生感度は約40%向上した。

【0036】このように、一対の磁区制御膜41の間隔を、一対の電極25a、25bの間隔よりも広くする他の構成例を、図8、図9、図10に示す。

【0037】図8の実施の形態では、下地膜107の上に反強磁性層の磁区制御膜42を配置し、その上に自由層21を積層する。この上に、中間層104、固定層105、電極25a、25bを配置する。また、磁区制御膜42と自由層21の間には、自由層21の検出領域601が磁区制御膜42と接するのを妨げるために、部分的に非磁性膜51が挟まれている。非磁性膜51の幅801は、検出領域601の幅よりも広く設定してある。他の構成は、図6と同じであるので、説明を省略する。なお、非磁性膜51の材質としては、例えばTaを用いることができる。

【0038】このような図8の構造では、自由層21が磁区制御膜42と接する両端部分には、交換結合が生じるため、自由層21全体を単一磁区にすることができる。その一方で、検出領域601の幅よりも広い幅の非磁性膜51が配置されているため、自由層21の検出領域601には交換結合磁界が及ばない。よって、再生感度を向上させることができる。

【0039】図8の構成を製造する手順としては、ま

ず、基板101上に順に非磁性膜51まで成膜し、リアクティブ・イオン・エッチング法により、非磁性膜51を図8の形状に加工する。ここでは、非磁性膜51の幅801を1.4 $\mu$ mとした。続いて、自由層21、中間層104、固定層105を積層後パターニングし、電極25a、25bを成膜後パターニングする。このとき、電極25a、25bの間隔(検出領域601の幅)を0.4 $\mu$ mにして、検出領域601の両脇にそれぞれ0.5 $\mu$ mずつ非磁性膜51が広がるようにした。

【0040】図8の構成では、固定層よりも基板101側に自由層21を配置しているのは、磁区制御膜42を自由層21よりも先に成膜することにより、磁区制御膜42と自由層21との交換結合を生じさせやすくするためである。

【0041】つぎに、図9の構成について説明する。図9の構成は、図8の構成と似ているが、非磁性膜51を配置する代わりに、磁区制御膜42自体をパターニングし、自由層21の両端にのみ磁区制御膜42を配置するものである。磁区制御膜42の間隔901は、検出領域601の間隔よりも広くなるように設定する。これにより、磁区制御膜42からの交換結合磁界が自由層21の検出領域601にまで及ぶのを防ぐ。

【0042】図10の構成について説明する。図10の構成は、図9の構成とほぼ同じであるが、磁区制御膜42と自由層21とが接する部分に、強磁性膜45を配置している。強磁性膜45は、ここでは、NiFeからなる。図10の構成を製造する場合には、基板101上に、磁区制御膜42および強磁性膜45までを成膜し、磁区制御膜42をパターニングする際に強磁性膜45をいっしょにパターニングする。これにより、パターニングの際のエッチングにより磁区制御膜42の表面が荒れるのを防止する。磁区制御膜42の表面が荒れると、自由層21との交換結合が不十分になるおそれがあるが、図10の構成では、磁区制御膜42の上に強磁性膜45を配置してからパターニングすることにより、両者が交換結合してからパターニングすることができる。強磁性膜45と自由層21は、強磁性体同士であるので、強磁性膜45の表面状態が多少荒れていても両者は磁氣的に結合し、交換結合は自由層21までおよぶ。したがって、パターニングによる界面の荒れの影響を受けることなく、磁区制御膜42からの交換結合磁界を自由層21まで及ぼすことができる。

【0043】つぎに、本発明の第4の実施の形態について図11を用いて説明する。

【0044】図11の構成は、強磁性体材料からなる磁区制御膜47を自由層21の両脇に配置し、磁区制御膜47から自由層21にバイアス磁界をかけることにより自由層21の検出領域601を単一磁区にするものである。

【0045】スピンバルブ膜108の構成は、図6と同

様である。ただし、自由層21の上には、キャップ層106が配置される。このスピンバルブ膜108をパターンニングし、両脇に反強磁性体膜46および磁区制御膜47を積層する。磁区制御膜47は、強磁性体膜であり、ここではNiFeからなる。反強磁性体膜46は、交換結合により磁区制御膜47の磁化の向きを検出領域601の幅方向に配列させるために配置されている。これにより、磁区制御膜47から自由層21に対して、検出領域601の幅方向に磁界がかかり、自由層21が単一磁区に保たれる。

【0046】つぎに、本発明の第5の実施の形態について図12を用いて説明する。

【0047】図12の実施の形態では、自由層21の両側に中間層104、204および固定層105、205を配置する。GMR効果は、層の界面で生じるため、図12のように自由層21の両面側にそれぞれ固定層105、205を配置し、自由層21の両面を利用する構成にすることにより、抵抗変化( $\Delta R$ )を大きくすることができ、再生感度を高めることができる。図12の中間層204は、中間層104と同じ非磁性膜である。また、固定層205は、固定層105と同じ構成であり、自由層21から遠い側の強磁性膜24が硬質磁性体からなる膜である。磁区制御膜47等の他の構成は、図11と同じであるので説明を省略する。

【0048】上述してきたように、本発明の各実施の形態は、スピンバルブ膜を用いる磁気抵抗センサの固定層を強磁性膜22、非磁性膜23、強磁性膜24の三層構造とし、自由層21から遠い側の強磁性膜24を硬質磁性体（永久磁石材料）により形成することにより、自由層21側の強磁性膜22の磁化を強くピン止めすることができる。これにより、再生感度の向上および耐熱性の向上という効果を得ることができる。この構成に加えて、自由層21を単一磁区にする構成や、固定層を両側に配置する構成を用いることにより、よりいっそうの再生感度の向上を実現することができる。

【0049】なお、本実施の形態では、固定層105の強磁性膜24の材質として、CoCrPt合金およびCoPt合金を示したが、硬質磁性体（永久磁石材料）であれば、これらの合金以外の材料を用いることももちろん可能である。例えば、強磁性膜24は、CoMで表され、MがPt、Cr、Taのうちのいずれか、もしくは、MがPt、Cr、Taのうちの2以上の合金である材料を主成分とすることができる。

【0050】また、反強磁性材料からなる磁区制御膜41、42の材質としては、NiMnを示したが、これ以外の材料を反強磁性材料を用いることももちろん可能である。例えば、Mn系合金や、Ni系酸化物や、Co系酸化物や、Fe系酸化物等から選んだ反強磁性材料を用いることができる。

【0051】また、上述してきた実施の形態では、硬質

磁性体を用いる3層構造の固定層105、205を、GMR効果を利用する磁気ヘッドに適用した例を説明したが、本実施の形態の硬質磁性体を用いる3層構造の固定層を、TMR（トンネル型磁気抵抗）効果を利用する磁気ヘッドの固定層として用いることも可能である。この場合にも、本実施の形態の固定層は磁化のピン止め効果が高く、耐熱性もあるため、再生感度が高く、しかも、耐環境性の高いTMR型磁気抵抗センサを提供することができる。したがって、このTMR型磁気抵抗センサを用いて磁気ヘッドを構成することにより、再生感度が高く、しかも、耐環境性の高い磁気ヘッドを提供できる。

【0052】

【発明の効果】上述してきたように、本発明によれば、熱の影響を受けにくく、しかも十分な大きさのピン止め磁界が得られる固定層を備え、再生信号の線形性も良好な磁気抵抗センサを備えた磁気ヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の磁気抵抗センサ15を用いた磁気ヘッドの一部構成を示す説明図。

【図2】図1の磁気ヘッドの磁気抵抗センサ15の固定層105および自由層21の磁化の方向と、電流の方向を示す説明図。

【図3】図1の磁気ヘッドの磁気抵抗センサ15に外部磁界を加えた場合に検出される抵抗変化( $\Delta R$ )を示すグラフ。

【図4】図1の磁気ヘッドの全体構成と、記録媒体201との位置関係とを示す説明図。

【図5】図1の磁気ヘッドを用いた磁気記録再生装置の概略構成を示す説明図。

【図6】本発明の第2の実施の形態の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成を示す断面図。

【図7】本発明の第3の実施の形態の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成を示す断面図。

【図8】本発明の第3の実施の形態の他の構成の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成を示す断面図。

【図9】本発明の第3の実施の形態の別の構成の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成を示す断面図。

【図10】本発明の第3の実施の形態の別の構成の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成を示す断面図。

【図11】本発明の第4の実施の形態の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成を示す断面図。

【図12】本発明の第5の実施の形態の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成を示す断面図。

【図13】図1の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドの一部構成の斜視図。

【符号の説明】

15・・・磁気抵抗センサ、16・・・磁気ヘッド、21・・・自由層、22・・・強磁性膜、23・・・非磁



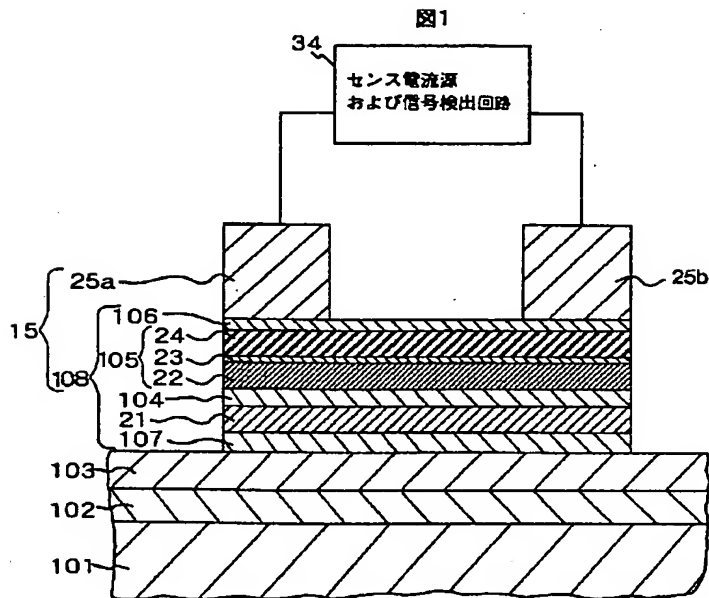
13

性膜、24・・・強磁性膜、25a、25b・・・電極、31・・・スピンドルモータ、32・・・位置決め機構、33・・・制御システム、34・・・センス電流源および信号検出回路、41・・・磁区制御膜、42・・・磁区制御膜、45・・・強磁性体膜、46・・・反強磁性体膜、47・・・磁区制御膜、51・・・非磁性膜、101・・・基板、102・・・シールド膜、103・・・ギャップ膜、104・・・中間層、105・・・

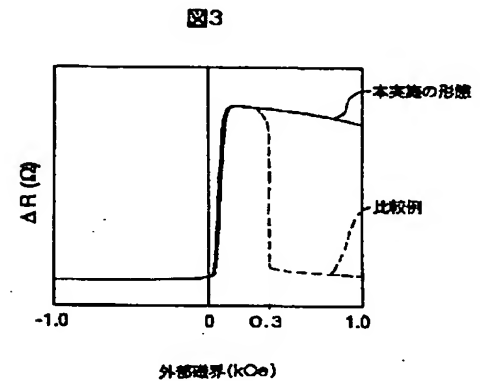
14

・固定層、106・・・キャップ層、107・・・下地膜、108・・・スピンバルブ膜、131・・・素子高さ、134・・・データ再生/復号系、201・・・記録媒体、204・・・中間層、205・・・固定層、401・・・ギャップ膜、402・・・シールド膜、403・・・インダクティブヘッド、501・・・機構制御系、502・・・片持ちバネ、601・・・検出領域。

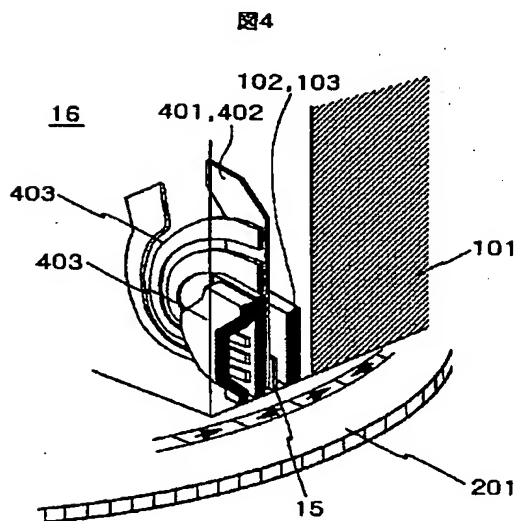
【図1】



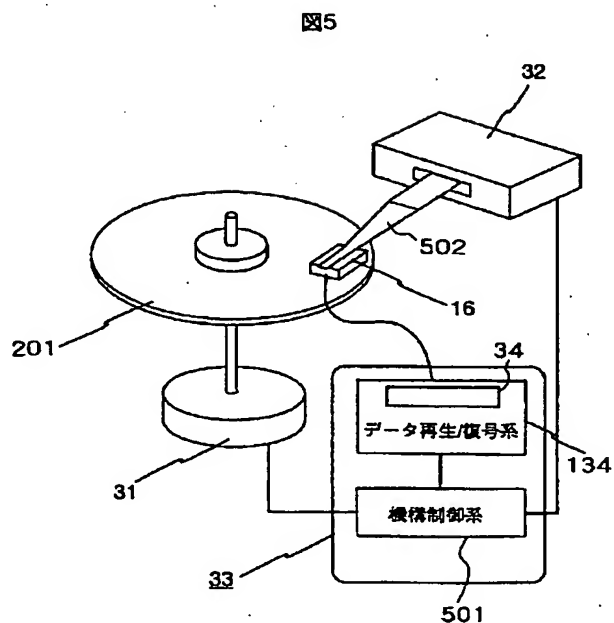
【図3】



【図4】



【図5】

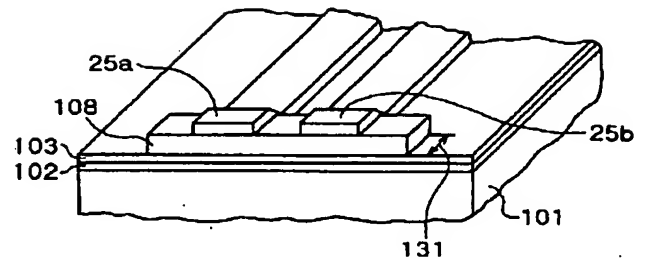
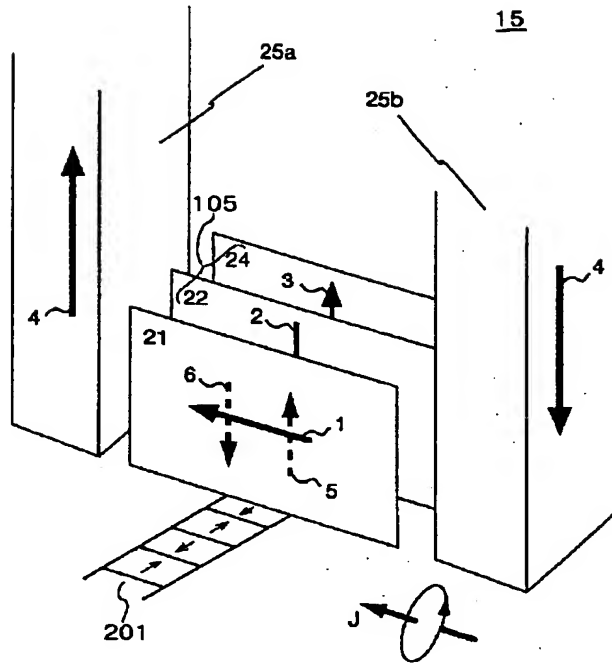


【図 2】

【図 13】

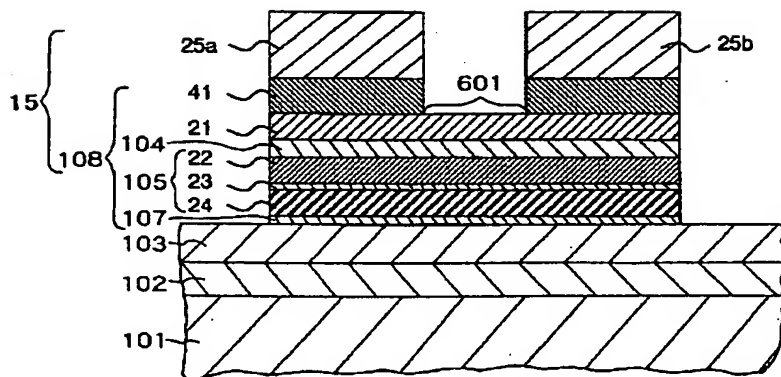
図 2

図 13

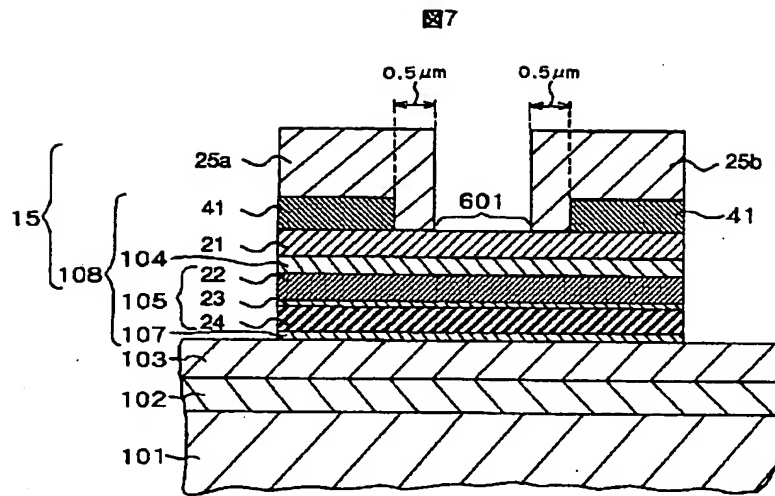


【図 6】

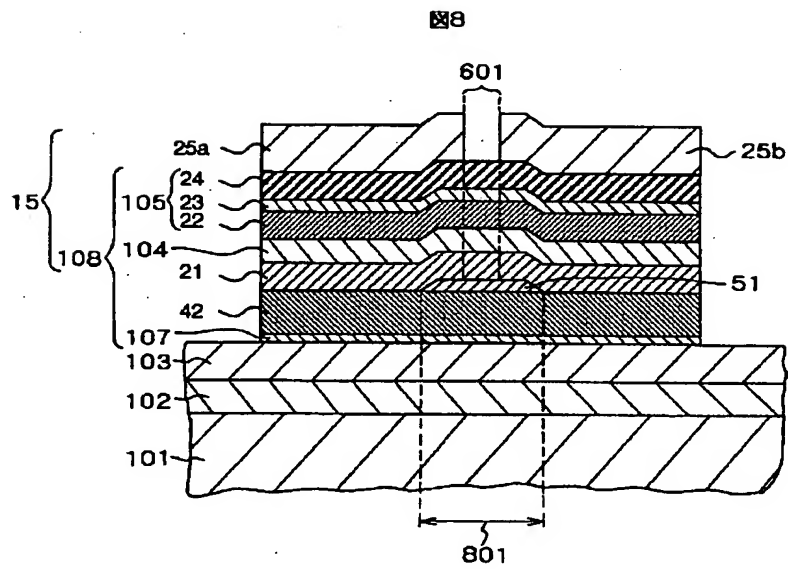
図 6



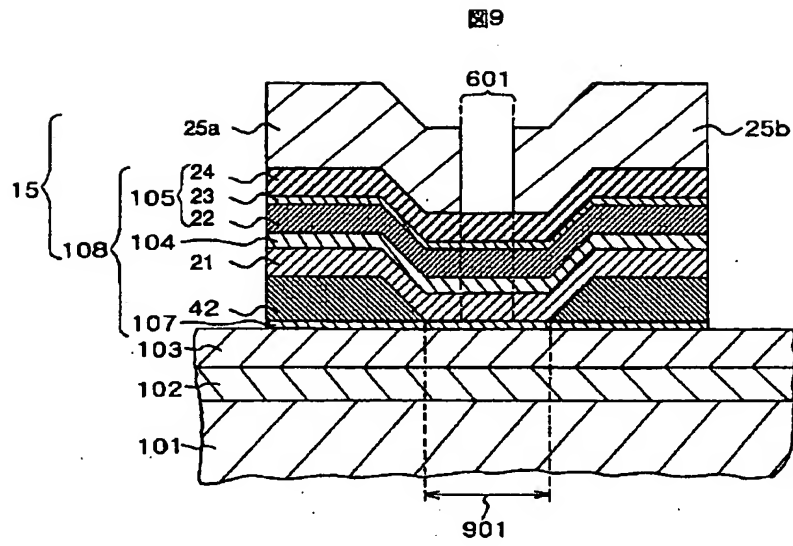
【図 7】



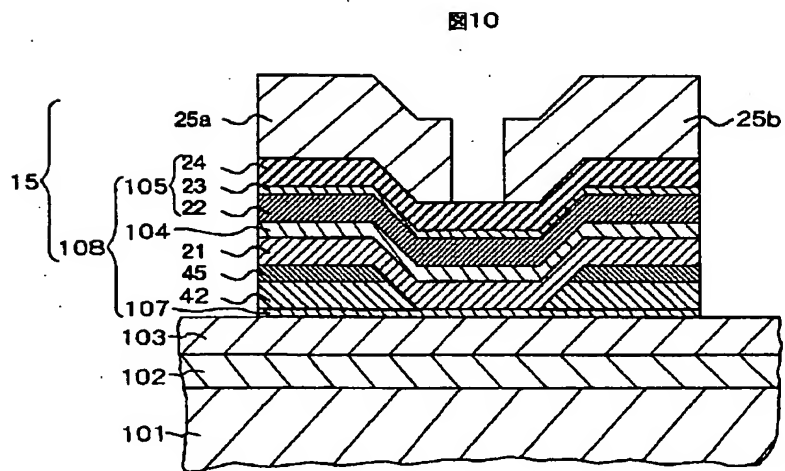
【図 8】



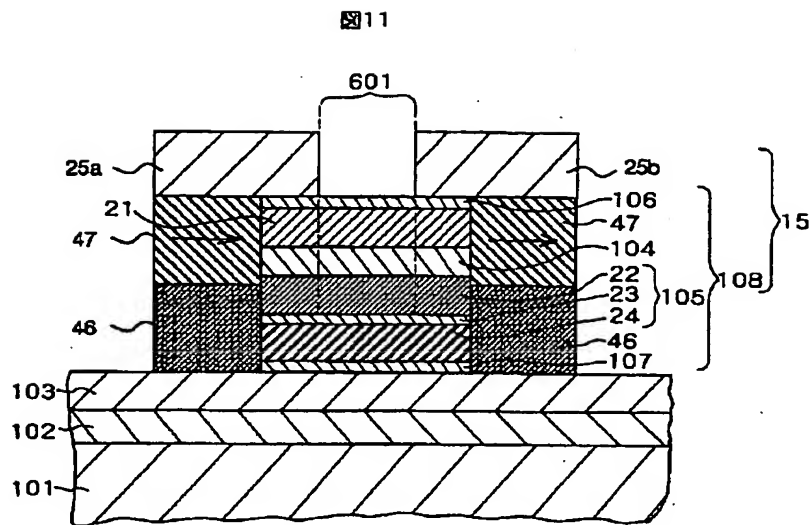
【図 9】



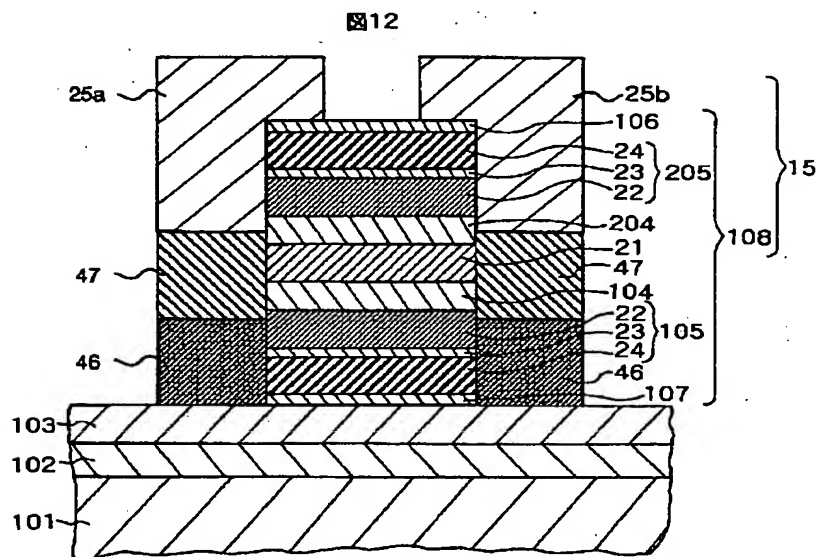
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 目黒 賢一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 浜川 佳弘

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5D033 AA02 BB43

5D034 BA05 BA09 CA06 CA08